

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 5月27日  
Date of Application:

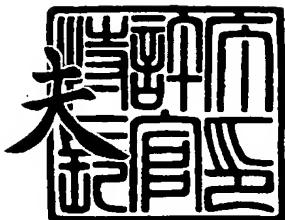
出願番号 特願2003-149057  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-149057]

出願人 沖電気工業株式会社  
Applicant(s):

2003年 9月24日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康



【書類名】 特許願  
【整理番号】 TA000195  
【提出日】 平成15年 5月27日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/302  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
【氏名】 坂田 豊和  
【特許出願人】  
【識別番号】 000000295  
【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100079049  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 中島 淳  
【電話番号】 03-3357-5171  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100084995  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 加藤 和詳  
【電話番号】 03-3357-5171  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100085279  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 西元 勝一  
【電話番号】 03-3357-5171

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100099025

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 浩志

【電話番号】 03-3357-5171

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006839

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9714945

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 エッチング方法、及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 低誘電率絶縁膜にプラズマエッチングを施すエッチング方法において、

フロロカーボンガス、O<sub>2</sub>ガス及びArガスを含んだエッチングガス雰囲気下で、且つ圧力60mTorr (7999.32mPa) 以上、及び高周波出力 (RFパワー) 600W以下の条件でプラズマエッチングすることを特徴とするエッチング方法。

【請求項 2】 前記フロロカーボンガスは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、及びC<sub>3</sub>F<sub>6</sub>から選択される少なくとも1種であることを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項 3】 前記低誘電率絶縁膜が、有機SOG膜、SiOC膜、及び完全有機膜から選択されることを特徴とする請求項1に記載のエッチング方法。

【請求項 4】 低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜にプラズマエッチングを施すエッチング工程を有する半導体装置の製造方法において、

前記エッチング工程は、フロロカーボンガス、O<sub>2</sub>ガス及びArガスを含んだガス雰囲気下で、且つ圧力60mTorr (7999.32mPa) 以上、及び高周波出力 (RFパワー) 600W以下の条件下で行なわれることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記フロロカーボンガスは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、及びC<sub>3</sub>F<sub>6</sub>から選択される少なくとも1種であることを特徴とする請求項4に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記低誘電率絶縁膜が、有機SOG膜、SiOC膜、及び完全有機膜から選択されることを特徴とする請求項4に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜の下層に、エッティングストップ層を形成しないことを特徴とする請求項4に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 第 1 の配線を形成する工程と、  
前記第 1 の配線上に層間絶縁膜として低誘電率絶縁膜を形成する工程と、  
前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜に前記第 1 の配線と下記第 2 の配線と  
を電気的に接続するためのコンタクトホールを形成するホール形成工程と、  
前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜に下記第 2 の配線を埋め込むための配  
線溝を形成する配線溝形成工程と、  
を有する半導体装置の製造方法であって、  
前記ホール形成工程及び配線溝形成工程の少なくとも一方は、フロロカーボン  
ガス、O<sub>2</sub>ガス及びArガスを含んだガス雰囲気下で、且つ圧力60mTorr  
(7999.32mPa)以上、及び高周波出力(RFパワー)600W以下の  
条件下でプラズマエッティングを行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 前記フロロカーボンガスは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、及び  
C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>から選択される少なくとも 1 種であることを特徴とする請求項 8 に記載の  
半導体装置の製造方法。

【請求項 10】 前記低誘電率絶縁膜が、有機SOG膜、SiOC膜、及び  
完全有機膜から選択されることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造  
方法。

【請求項 11】 前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜の下層に、エッチ  
ングストップ層を形成しないことを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製  
造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路の多層配線構造において使用される低誘電率絶縁膜に  
例えればビアホールや配線溝などを形成するためのエッティング方法、及びそれを利  
用した半導体装置の製造方法に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、半導体装置の微細化の進展に伴い、トランジスタの微細化に加え、多層

配線技術の重要性が増している一方で、多層配線における配線遅延の削減もますます重要となってきている。多層配線における配線遅延削減を行う方法の一つとして、これまで層間絶縁膜として使用してきた酸化膜に変えて、低誘電率絶縁膜を使用することが有効であることが知られている。

#### 【0003】

しかしながら、層間絶縁膜に低誘電率絶縁膜（ここでは有機SOG膜とする）を使用した場合、ホールパターン底部のエッチング形状はトレンチと呼ばれるパターン中心と端部でのエッチング速度が大きく異なる形状に変化する。

#### 【0004】

このトレンチはパターン底端部では中心部よりもエッチングが早く進行するため、エッチングストップ層などを用いても所望の深さでエッチングを停止することが困難となる。このため、エッチング速度の速いパターン端部ではエッチングストップ層を突き抜けて下層配線（たとえば、銅配線）がプラズマに曝され、酸素を含んだエッチング条件では銅配線の表面が酸化して接触抵抗が上昇するなどの問題が発生する。

#### 【0005】

この他、パターン底部のトレンチは微細なスリットを形成するため、これらスリット部では銅の拡散防止膜として使用されるTaやTaN等のバリア膜で覆われない可能性がある。バリア膜で覆われていない箇所が存在するとその部分から銅が拡散し、隣接する配線との短絡やトランジスタ特性に大きな影響を与えてしまう（M. Mizumura et al., JJAP Vol. 40 L425-427, S. Uno et al., Proc. of Dry Process Symp., P215-220 (1999) 参照）。

#### 【0006】

このため、特開2001-077086には、エッチングガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>及びO<sub>2</sub>の混合ガスの混合比（O<sub>2</sub>／（C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>+O<sub>2</sub>））を制御し、有機SOG膜のエッチング速度を向上させると共に、ホールパターン底部のエッチング形状（ビアホール形状）を安定させるエッチング方法が開示されている。

#### 【0007】

**【非特許文献1】**

M. Mizumura et al., J J A P Vol. 40 L 425-4  
27

**【非特許文献2】**

S. Uno et al., Proc. of Dry Process S  
ymp., P 215-220 (1999)

**【特許文献3】**

特開2001-077086

**【0008】****【発明が解決しようとする課題】**

この特開2001-077086は、非常にホールパターン底部のエッチング形状（ビアホール形状）を安定させることができるが、近年の技術要求は高まるばかりであり、さらに改善が望まれているのが現状である。

**【0009】**

従って、本発明は、前記従来における諸問題を解決し、以下の目的を達成することを課題とする。即ち、本発明の目的は、低誘電率絶縁膜のエッチング形状の安定化を図ったエッチング方法、及びそれを利用した半導体装置の製造方法を提供することである。

**【0010】****【課題を解決するための手段】**

上記課題は、以下の手段により解決される。即ち、

本発明のエッチング方法は、フロロカーボンガス、O<sub>2</sub>ガス及びA<sub>r</sub>ガスを含んだエッチングガス雰囲気下で、且つ圧力60mTorr (7999.32mPa) 以上、及び高周波出力 (RFパワー) 600W以下の条件で低誘電率絶縁膜にプラズマエッチングを施すことを特徴とする。

**【0011】**

また、本発明の半導体装置の製造方法は、低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜にプラズマエッチングを施すエッチング工程において、上記本発明のエッチング方法を適用することを特徴とする。具体的には、例えば、第1の配線を形成する

工程と、前記第1の配線上に層間絶縁膜として低誘電率絶縁膜を形成する工程と、前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜に前記第1の配線と下記第2の配線とを電気的に接続するためのコンタクトホールを形成するホール形成工程と、前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜に下記第2の配線を埋め込むための配線溝を形成する配線溝形成工程と、を有する半導体装置の製造方法において、前記ホール形成工程及び配線溝形成工程の少なくとも一方の工程に、上記本発明のエッチング方法を適用させる。

#### 【0012】

本発明においては、フロロカーボンガスは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、及びC<sub>3</sub>F<sub>6</sub>から選択される少なくとも1種であることがよい。

#### 【0013】

本発明においては、前記低誘電率絶縁膜が、有機SOG膜、SiOC膜、及び完全有機膜から選択されることがよい。

#### 【0014】

本発明においては、前記低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜の下層に、エッチングストップ層を形成しない構成の半導体装置であってもよい。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態の一例を図面を参照して説明する。なお、実質的に同様の機能を有するものには、全図面を通して同じ符号を付して説明し、場合によってはその説明を省略することがある。

#### 【0016】

##### (第1の実施の形態)

第1の実施の形態では、例えば、マグнетロン反応性イオンエッチング装置 (RIE装置: Reactive Ion Etching) を準備し、これに低誘電率絶縁膜を有する基板を配置させ、低誘電率絶縁膜にプラズマエッチングしてホールを形成する。

#### 【0017】

このエッチング条件として、フロロカーボンガス、O<sub>2</sub>ガス及びArガスを含

んだエッティングガス雰囲気下で、且つ圧力60mTorr (7999.32mPa) 以上、及び高周波出力 (RFパワー) 600W以下の条件で行なう。このような条件下でプラズマエッティングを施し、低誘電率絶縁膜をホールを形成するとホールパターン底部におけるトレンチの発生を抑制することができ、エッティング形状の安定化を図ることができる。

#### 【0018】

エッティング圧力は、60mTorr (7999.32mPa) 以上であるが、好ましくは60~120mTorr (7999.32~15998.64mPa) であり、より好ましくは60~70mTorr (7999.32~9332.54mPa) である。一方、高周波出力 (RFパワー) は、600W以下であるが、好ましくは400~600Wであり、より好ましくは500~600Wである。

#### 【0019】

また、エッティングとして用いるフロロカーボンガスは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、及びC<sub>3</sub>F<sub>6</sub>が挙げられ、エッティンググレードと加工形状を両立させる観点から、好ましくは、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>を使用することがよい。これらフロロカーボンガスは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

#### 【0020】

また、O<sub>2</sub>／(フロロカーボン+O<sub>2</sub>) の混合比は、20~50%であることがエッティング形状の安定化の観点から好ましく、より好ましくは20~30%であり、さらに好ましくは20~25%である。

#### 【0021】

また、低誘電率絶縁膜としては、有機SOG膜、SiOC膜、及び完全有機膜から選択することができる。なお、完全有機膜とは、Siを含まないC、O及びHを主成分とした有機膜のことを示す。

#### 【0022】

ここで、エッティング条件として、エッティングガス (C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>／O<sub>2</sub>／Arの混合ガス [混合比15／5／500sccm]) 、RFパワー1200Wの条件のもと、エッティング圧力を変化させてプラズマエッティングを行ない、有機SOG膜に

ビアホールを形成したときの、ビアホールパターン底部に発生するトレンチ深さとエッチング圧力の関係について図1に示す。なお、トレンチ深さL (T r e n c h D e p t h L) は、トレンチ中心 (a) から端部 (ビアホール底部) (b) までの深さを示している。

### 【0023】

図1に示すように、エッチングガス及びRFパワー1200Wの一定条件において、エッチング圧力が60mT以上であると、トレンチ深さLが50nm程度まで抑制されることがわかる。

### 【0024】

一方、同様に、エッチング条件として、エッチングガス ( $C_4F_8/O_2/Ar$  の混合ガス [混合比15/5/500sccm])、エッチング圧力40mTorr (5332.88mPa) の条件のもと、RFパワーを変化させてプラズマエッチングを行ない、有機SOG膜にビアホールを形成しときの、ビアホールパターン底部に発生するトレンチ深さとRFパワーの関係について図2に示す。

### 【0025】

図2に示すように、エッチングガス及びエッチング圧力40mTorrの一定条件において、RFパワー800W以下からトレンチが抑制されはじめ、400W以下ではトレンチ深さLが10~20nm程度まで抑制されることがわかる。

### 【0026】

このように、エッチング条件として、従来のようにエッチングガスの種類や混合比を制御するのに対し、本実施形態では、特定のエッチングガスを用いて、圧力及びRFパワーを制御するだけでホールパターン底端部に発生するトレンチを抑制することが可能であり、具体的には、フロロカーボンガス、 $O_2$ ガス及びArガスを含んだエッチングガス雰囲気下で、圧力60mT以上、RFパワー600W以下の高圧、低RFパワー条件にてトレンチ深さを例えば30nm以下に抑制することが可能であることがわかる。

### 【0027】

この理由は定かではないが、以下の通りであると推測される。まず、トレンチの発生メカニズムとしては次の2点が考えられている。1つはエッチングした反

応生成物が再入射して堆積する際、中央部に比べホールパターン端部近傍の方が薄く堆積するという分布を持っているため、ホールパターン端部ではトレンチが発生するという機構。もう一つは、プラズマから入射してくるイオンがエッチングした側壁に反射し、そのイオンがホールパターン底端部に集中して発生するというメカニズムである。

#### 【0028】

このため、エッチング中の圧力を上げることでパターン底部に堆積する反応生成物の均一性を向上させ、RFパワーを低下させることで、側壁にて反射したイオンがホールパターン底端部へ集中することを低減し、トレンチの発生を抑制されると考えられる。また、これにより、ホールパターンの底部中央と端部とのエッチング速度が一定となると考えられる。

#### 【0029】

なお、本実施形態では、低誘電率絶縁膜にビアホールなどの開口を形成した形態を説明したが、例えば、配線溝などの溝を形成する場合でも同様な効果を奏することができる。

#### 【0030】

(第2の実施の形態)

図3は、本発明の第2の実施の形態を示す半導体装置の製造方法を示す工程図である。

#### 【0031】

本実施形態は、低誘電率絶縁膜からなる層間絶縁膜の下層に、エッチングストップ層を形成しない（層間絶縁膜をエッチングストップ層とは異なる層上に形成する）、所謂、エッチングストップレスデュアルダマシン構造の半導体装置の製造方法に、上記第1の実施の形態を適用した形態である。

#### 【0032】

具体的には、図3に示すように、下層絶縁膜上にCu配線12（第1の配線）を形成し、シリコン窒化膜（拡散防止膜）11をCu配線層12上に形成した後、さらに、層間絶縁膜として低誘電率絶縁膜13をシリコン窒化膜11上に形成する（図3（A））。次に、低誘電率絶縁膜13上にキャップ酸化膜（拡散防止

膜) 14を形成する(図3 (B))。次に、キャップ酸化膜14上にフォトレジスト膜15を塗布し、フォトリソグラフィー技術を用いてビアホール用のパターンングを行う(図3 (C))。その後、キャップ酸化膜14、低誘電率絶縁膜13の一括エッチングを行いビアホール16を形成する(図3 (D))、フォトレジスト膜15を用いて配線溝用のパターンングする(図3 (E))。次に、キャップ酸化膜14、低誘電率絶縁膜13をエッチングし、その後、フォトレジスト15をアッシングにより除去する。次に、シリコン酸化膜(拡散防止膜)11をエッチングして配線溝17を形成する(図3 (F))。そして、ビアホール16及び配線溝17にメタルの埋め込みCu配線層(第2の配線:不図示)を形成する。その後は、上記プロセスを繰り返して多層配線を形成する。

#### 【0033】

本実施形態では、キャップ酸化膜14、低誘電率絶縁膜13の一括エッチングを行いビアホール16を形成する際(図3 (C))のプラズマエッチング方法として、上記第1の実施の形態を適用する。このため、低誘電率絶縁膜13のホールパターン底部におけるトレチの発生が抑制されパターン形状が安定しており、パターン内において拡散防止用バリアメタルの欠損がないため、銅拡散による隣接配線との短絡やトランジスタへの影響を大幅に低減することができる。

#### 【0034】

また、本実施形態では、キャップ酸化膜14、低誘電率絶縁膜13、シリコン塗化膜(拡散防止膜)11をエッチングして配線溝17を形成する際(図3 (F))のプラズマエッチング方法として、上記第1の実施の形態を適用する。上述のように、第1の実施の形態では、エッチング中の圧力を上げることでパターン底部に堆積する反応生成物の均一性を向上させ、RFパワーを低下させることで、側壁にて反射したイオンがホールパターン底端部へ集中することを低減しており、配線溝17底部中央と端部とのエッチング速度が一定となっている。このため、エッチングストップ層を使用することなく配線溝17の深さを制御することが可能となる。これにより、エッティングストップレス構造のダマシン形成が可能となり、配線溝17下部に誘電率の高いシリコン塗化膜や酸化膜を使用している従来のデュアルダマシン構造と比較して大幅に配線容量を低減することができる。

**【0035】**

なお、上記何れの実施形態においても、限定的に解釈されるものではなく、本発明の要件を満足する範囲内で実現可能であることは、言うまでもない。

**【0036】****【発明の効果】**

以上説明したように本発明によれば、低誘電率絶縁膜のエッチング形状の安定化を図ったエッチング方法、及びそれを利用した半導体装置の製造方法を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

ビアホールパターン底部に発生するトレンチ深さとエッチング圧力の関係について示す関係図である。

**【図2】**

ビアホールパターン底部に発生するトレンチ深さとR Fパワーの関係について示す関係図である。

**【図3】**

本発明の第2の実施の形態を示す半導体装置の製造方法を示す工程図である。

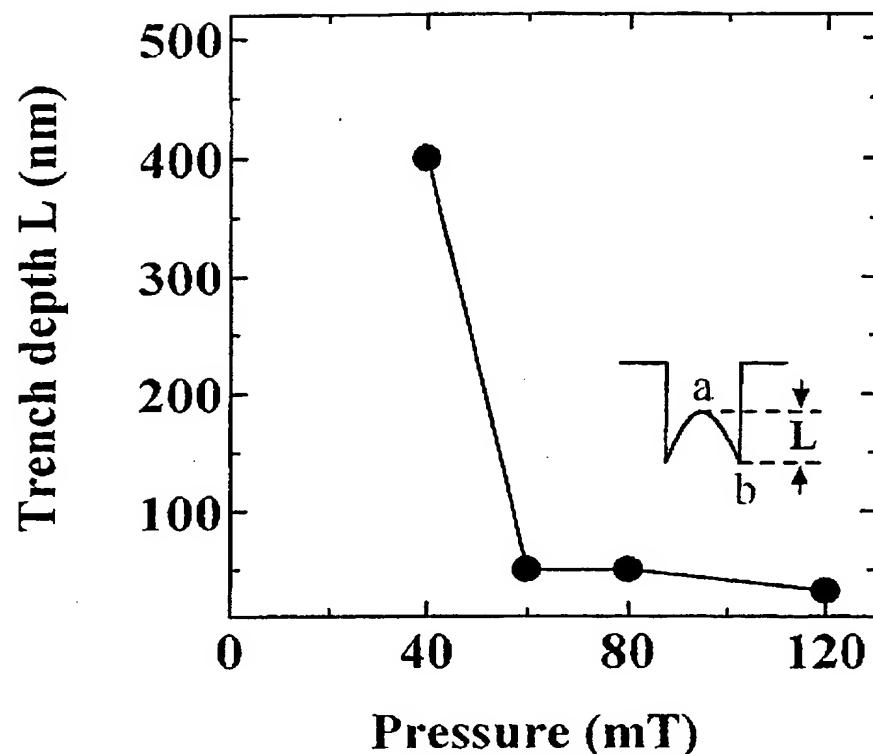
**【符号の説明】**

- 1 1 シリコン塗化膜
- 1 2 Cu配線層
- 1 3 低誘電率絶縁膜（層間絶縁膜）
- 1 4 キャップ酸化膜
- 1 5 フォトレジスト膜
- 1 6 ビアホール
- 1 7 配線溝

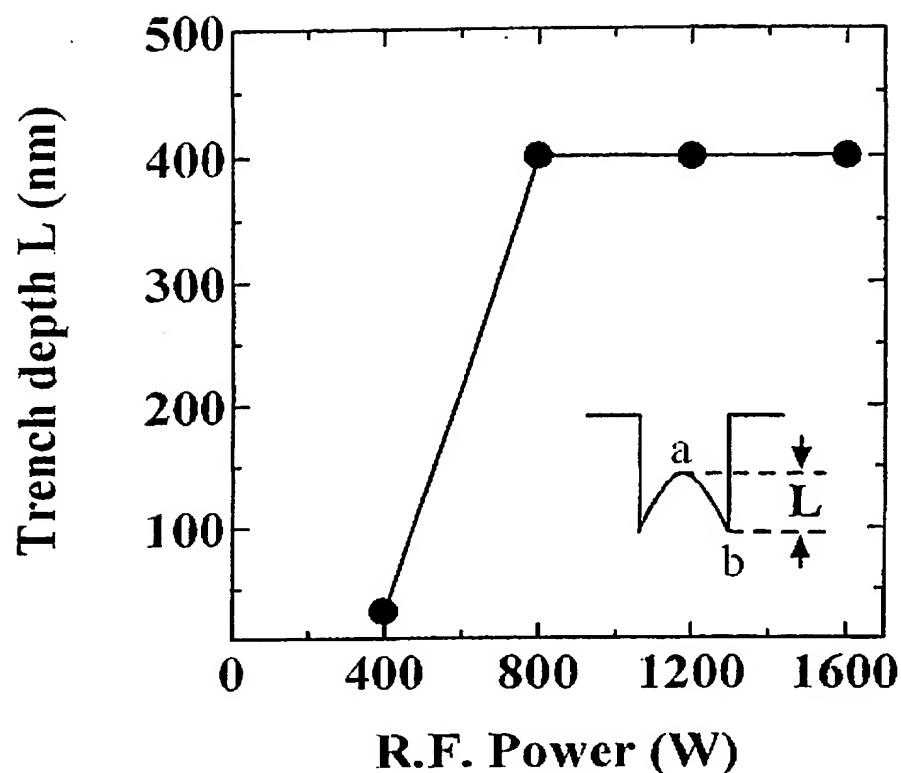
【書類名】

図面

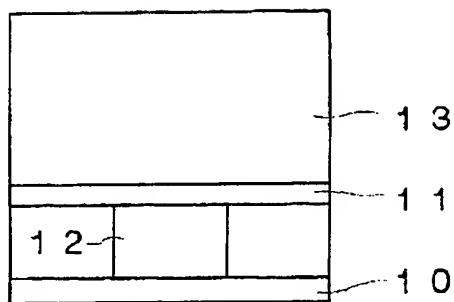
【図1】



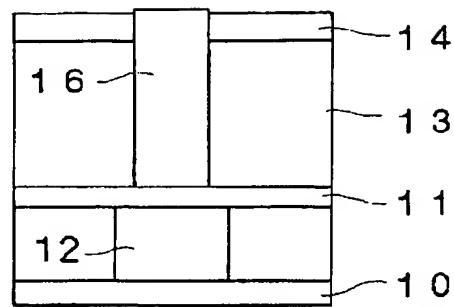
【図2】



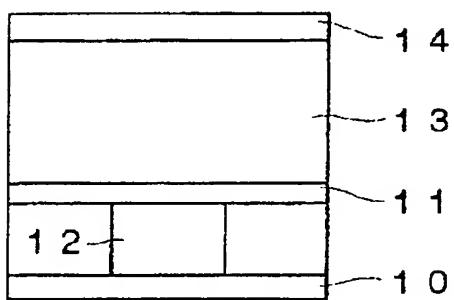
【図3】



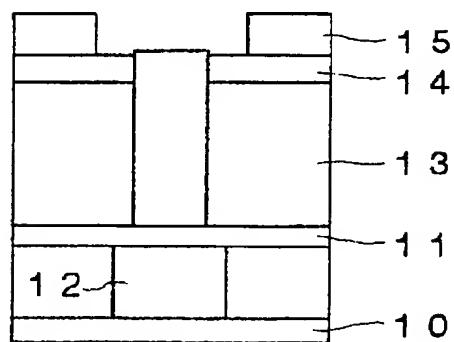
(A)



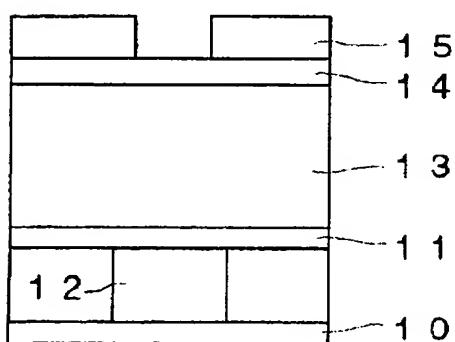
(D)



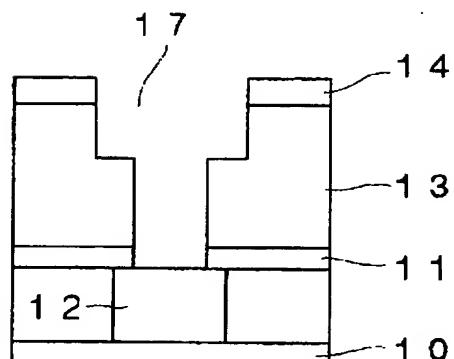
(B)



(E)



(C)



(F)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低誘電率絶縁膜のエッチング形状の安定化を図ったエッチング方法、及びそれを利用した半導体装置の製造方法を提供すること。

【解決手段】 例えば、キャップ酸化膜14上にフォトレジスト膜15を塗布し、フォトリソグラフィー技術を用いてビアホール用のパターニングを行い、その後、キャップ酸化膜14、低誘電率絶縁膜13の一括エッチングを行いビアホール16を形成した後、フォトレジスト膜15を用いて配線溝用のパターニングする。次に、キャップ酸化膜14、低誘電率絶縁膜13をエッチングし、その後、フォトレジスト15をアッシングにより除去し、シリコン酸化膜（拡散防止膜）11をエッチングして配線溝17を形成する。このような半導体装置の製造方法において、このビアホール16及び配線溝17をプラズマエッチングして低誘電率絶縁膜13に形成する際、フロロカーボンガス、O<sub>2</sub>ガス及びA r ガスを含んだエッチングガス雰囲気下で、且つ圧力60mTorr (7999.32mPa) 以上、及び高周波出力 (R Fパワー) 600W以下の条件で行なう。

【選択図】 図3

特願 2003-149057

出願人履歴情報

識別番号 [000000295]

1: 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
氏 名 沖電気工業株式会社